



Second Semester Examination
2017/2018 Academic Session

May / June 2018

EEK 372 – POWER SYSTEM ANALYSIS
[ANALISA SISTEM KUASA]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper consists of **NINE (9)** pages and **ONE (1)** page of printed appendices material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** muka surat dan **SATU (1)** muka surat lampiran yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instructions: This question paper consists of **FIVE (5)** questions. Answer **ALL** questions. All questions carry the same marks.

Arahan: Kertas soalan ini mengandungi **LIMA (5)** soalan. Jawab **SEMUA** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

You are not allowed to take this question paper out of the examination hall.

Anda tidak dibenarkan membawa kertas soalan ini keluar daripada dewan peperiksaan.

1. Two 50 MVA, 30 kV, 50 Hz, three-phase synchronous generators have synchronous reactance of 9Ω per phase and a negligible resistance respectively. The generators are delivering rated power at a 0.8 power factor lagging at the rated terminal voltage to an infinite bus such as shown in Figure Q1.

Dua 50 MVA, 30 kV, 50 Hz, penjana segerak tiga-fasa mempunyai regangan segerak 9Ω per fasa dan rintangan yang boleh diabaikan. Penjana-penjana menyampaikan kuasa kadaran pada faktor kuasa 0.8 tersusul pada voltan terminal kadaran kepada bas tak terhingga seperti ditunjukkan dalam Rajah Q1.

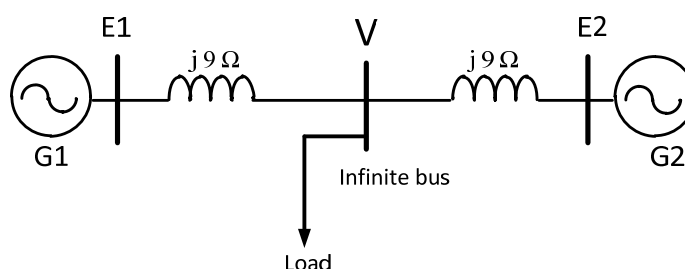


Figure Q1 : A simple power system
Rajah Q1 : Sistem kuasa yang ringkas

- (a) Determine the excitation voltage per phase, E and power angle, δ for each generator.

Tentukan voltan pengujaan setiap fasa, E dan sudut kuasa, δ untuk setiap penjana.

(40 marks/markah)

- (b) What is the maximum power that each generator can deliver?

Apakah kuasa maksima yang dapat disampaikan oleh setiap penjana?

(30 marks/markah)

- (c) If each of the generator deliver power of 25 MW, determine each generator current and power factor.

Jika setiap penjana menyampaikan kuasa sebanyak 25 MW, tentukan arus dan faktor kuasa setiap penjana.

(30 marks/markah)

2. Consider the 50 Hz power system with the single-line diagram shown in Figure 2. The system contains two generators G1 and G2, one induction motor M, three transformers and three transmission lines. The manufacture's data for each device is given in Table 2.

Sistem kuasa 50 Hz dipertimbang dengan gambarajah segaris seperti dalam Rajah 2. Sistem ini mengandungi dua penjana G1 dan G2, satu motor induksi M, tiga pengubah dan tiga talian penghantaran. Data pembuatan untuk setiap peranti diberikan dalam Jadual 2.

Table 2 : The manufacture's data of device

Generator G ₁	90 MVA, 22 kV, $X_g = 18 \%$
Generator G ₂	90 MVA, 22 kV, $X_g = 18 \%$
Motor M	66.5 MVA, 10.45 kV, $X_m = 18.5 \%$
Transformer T ₁	50 MVA, 22/220 kV, $X_T = 10 \%$
Transformer T ₂	40 MVA, 220/11 kV, $X_T = 6.0 \%$
Transformer T ₃	40 MVA, 22/220 kV, $X_T = 6.4 \%$

The transmission line reactances are as indicated in the Figure Q2.

Regangan talian penghantaran adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah Q2.

...4/-

- (a) Draw an impedance/reactance diagram by choosing a common base of 100 MVA and 22 kV on the Generator 1 side.

Lukis rajah impedans / regangan dengan memilih asas 100 MVA dan 22 kV pada bahagian Generator 1.

(50 marks/markah)

- (b) If the motor operates at full-load 0.8 power factor lagging, determine voltage at the bus 3.

Jika motor beroperasi pada beban penuh 0.8 faktor kuasa tersusul, tentukan voltan pada bus 3.

(50 marks/markah)

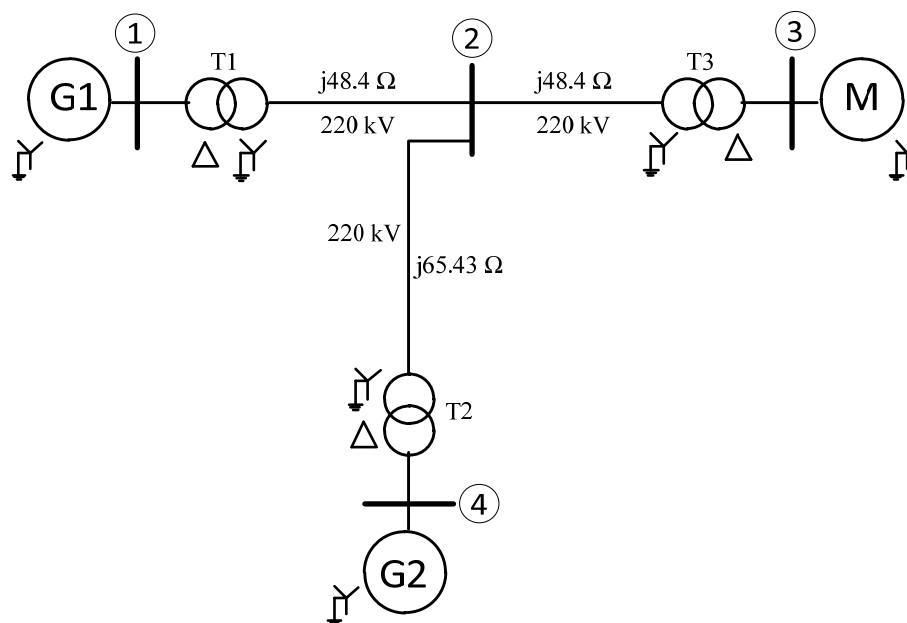


Figure Q2 : Single-line diagram of the power system

3. Figure Q3 shows a simple three-bus power system with generators at buses 1 and 3. The magnitude of voltage at bus 1 is adjusted to 1.05 pu. Voltage magnitude at bus 3 is fixed at 1.04 pu with a real power generation of 200 MW. A load consisting of 400 MW and 250 MVAR is taken from bus 2. Line impedances are marked in per unit on a 100 MVA base, and the line charging susceptances are neglected. Assume that $V_2^{(0)} = 1 + j0$ and $V_3^{(0)} = 1.04 + j0$. Solve the followings:

Rajah Q3 menunjukkan satu sistem kuasa-tiga bus yang mudah dengan penjana elektrik berada di bus 1 dan 3. Nilai voltan di bus 1 telah diselaraskan kepada 1.05 pu. Nilai voltan di bus 3 ditetapkan pada 1.04 pu dan mempunyai penjanaan kuasa sebenar sebanyak 200 MW. Tenaga beban sebanyak 400 MW dan 250 MVAR adalah diambil dari bus 2. Impedans garis-garis adalah ditandakan dalam unit asas pada 100 MVA dan susceptan garis-garis adalah diabaikan. Andaikan $V_2^{(0)} = 1 + j0$ dan $V_3^{(0)} = 1.04 + j0$. Selesaikan yang berikut:

- (a) The line admittances, load and generation per unit values
Admitans garis, kuasa beban dan kuasa jana dalam nilai per unit.
 (20 marks/markah)
- (b) $V_2^{(2)}, V_3^{(2)}, Q_3^{(2)}$
 $V_2^{(2)}, V_3^{(2)}, Q_3^{(2)}$
 (80 marks/markah)

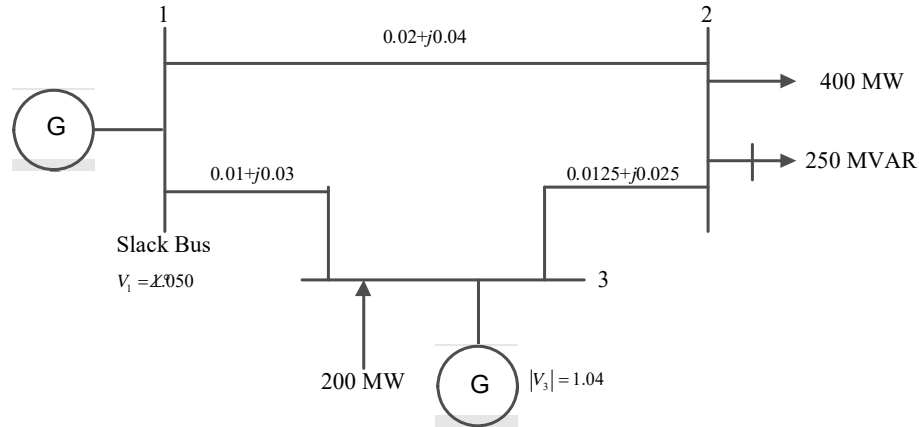


Figure Q3
Rajah Q3

Useful equation

Persamaan yang diperlukan

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i$$

4. (a) Figure Q4 shows the per-unit impedance of a three-bus system. Use the method for formation of the bus impedance matrix to show that the bus impedance matrix is:

Rajah Q4 menunjukkan galangan per-unit untuk sistem tiga bus. Dengan menggunakan kaedah formasi matrik galangan, tunjukkan bahawa matrix galangan sistem di atas adalah seperti berikut:

$$Z = \begin{bmatrix} j0.1826 & j0.0782 & j0.1421 \\ j0.0782 & j0.1478 & j0.1053 \\ j0.1421 & j0.1053 & j0.2636 \end{bmatrix}$$

...7/-

SULIT

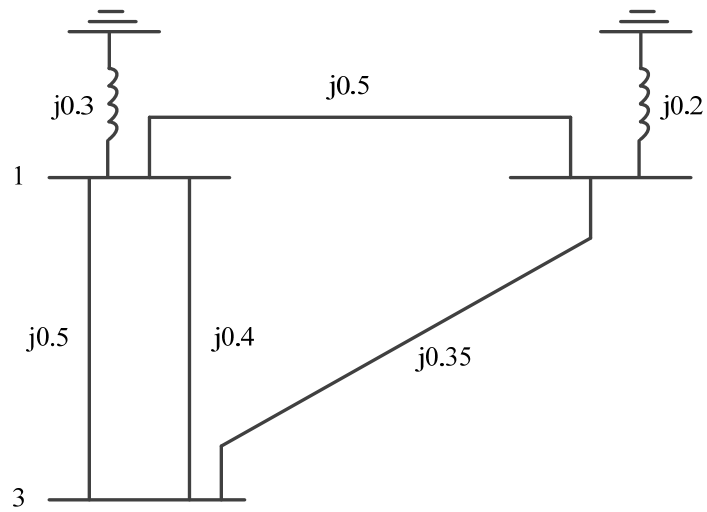
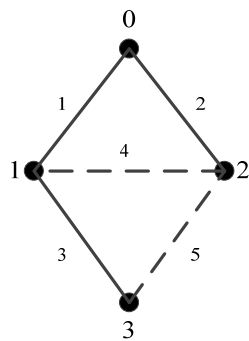


Figure Q4
Rajah Q4

Hint:
Petunjuk:



(60 marks/markah)

- (b) Assuming a balance three-phase fault occur at bus 3 through a fault impedance $Z_f = j0.1$. Assuming the pre-fault bus voltage is 1 p.u. Find:

Andaikan satu kerosakan tiga-fasa seimbang berlaku pada bus 3 melalui kerosakan galangan $Z_f = j0.1$. Andaikan voltage bus sebelum kerosakan ialah 1 p.u. Cari:

- (i) The symmetrical components of the fault current.
Komponen simetri arus kerosakan. (10 marks/markah)
- (ii) The three phase fault current.
Arus kerosakan tiga-fasa. (10 marks/markah)
- (iii) Bus 3 and bus 2 fault voltages at phase-a.
Voltage kerosakan di bus 3 dan bus 2 pada fasa-a. (10 marks/markah)
- (iv) Fault current in between bus 3 and bus 2 at phase-a
Arus kerosakan diantara bus 3 dan bus 2 pada fasa-a
(10 marks/markah)

5. (a) A generator is connected to a constant voltage bus through an external reactance of 0.3 per unit. The synchronous reactance of the generator is 0.2 per unit and the voltage magnitude of the constant voltage bus is 1.0 per unit with its angle being 0° . The generator delivers 0.9 per unit power to the constant voltage bus when the angle of its terminal voltage is 15° . Determine the magnitude and angle of its internal emf.

Sebuah penjana disambungkan ke bas voltan malar melalui regangan luaran 0.3 per unit. Regangan segerak penjana tersebut adalah 0.2 per unit dan magnitud voltan bas voltan malar adalah 1.0 per unit dengan sudutnya 0° . Penjana menyampaikan 0.9 per unit kuasa kepada bas voltan malar apabila sudut voltan terminalnya ialah 15° . Tentukan magnitud dan sudut bagi emf dalamannya.

(30 marks/markah)

...9/-

SULIT

- (b) A synchronous generator is operating at an infinite bus and supplying 0.45 pu of its maximum power capacity. A fault occurs and the reactance between the generator and the line becomes four times its values before the fault occurrence. The maximum power that can be delivered after the fault is cleared is 70 percent of the original maximum value. Determine the critical clearing angle.

Sebuah penjana segerak beroperasi di bus tak terhingga dan membekalkan 0.45 pu kapasiti kuasa maksimumnya. Suatu kerosakan berlaku dan regangan di antara penjana dan talian menjadi empat kali nilai sebelum kejadian berlaku. Kuasa maksimum yang boleh dihantar setelah kerosakan tersebut diselesaikan adalah 70 peratus dari nilai maksimum asal. Tentukan sudut penjelasan kritikal.

(70 marks/markah)

APPENDIX A
LAMPIRAN A**Course Outcomes (CO) – Programme Outcomes (PO) Mapping**
Pemetaan Hasil Pembelajaran Kursus – Hasil Program

Questions <i>Soalan</i>	CO	PO
1	1	2
2	1	2
3	2	2
4	2	3
5	3	3